



Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Изучение характеристик 27-дневных вариаций ГКЛ по данным эксперимента PAMELA

Р.Ф. Юлбарисов, А.Г. Майоров, **В.В. Малахов**

от имени коллаборации PAMELA

Москва - 2019

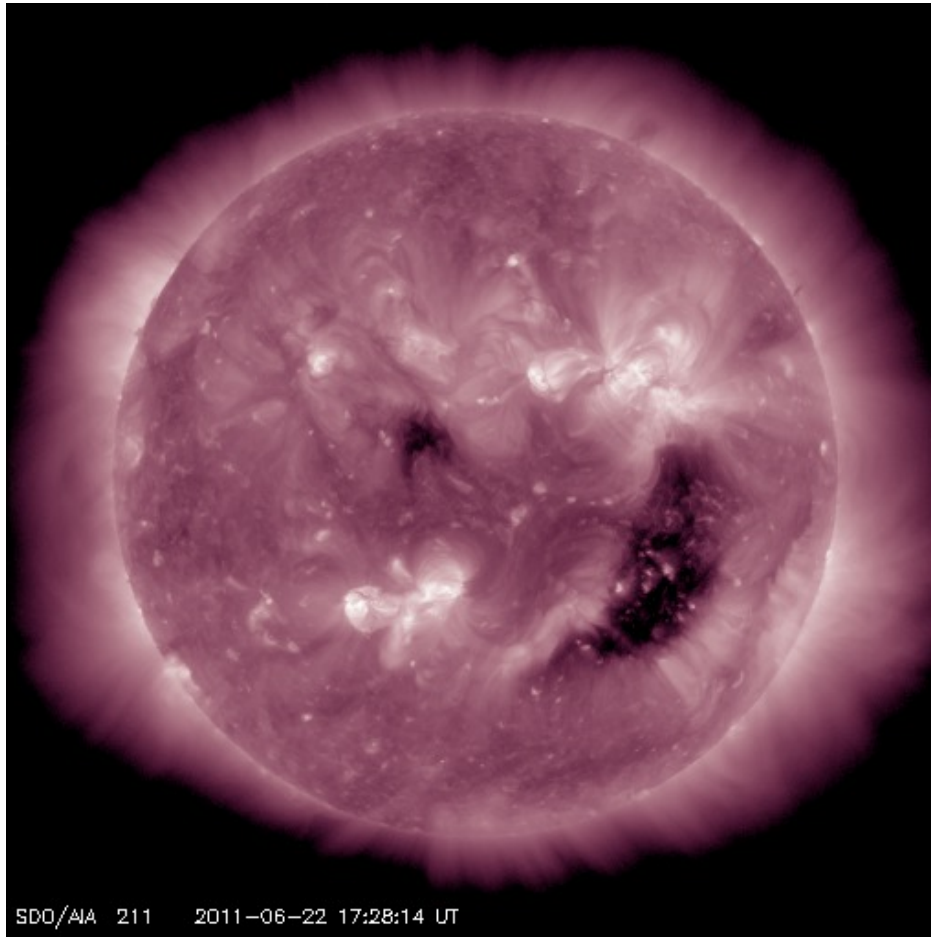


Введение

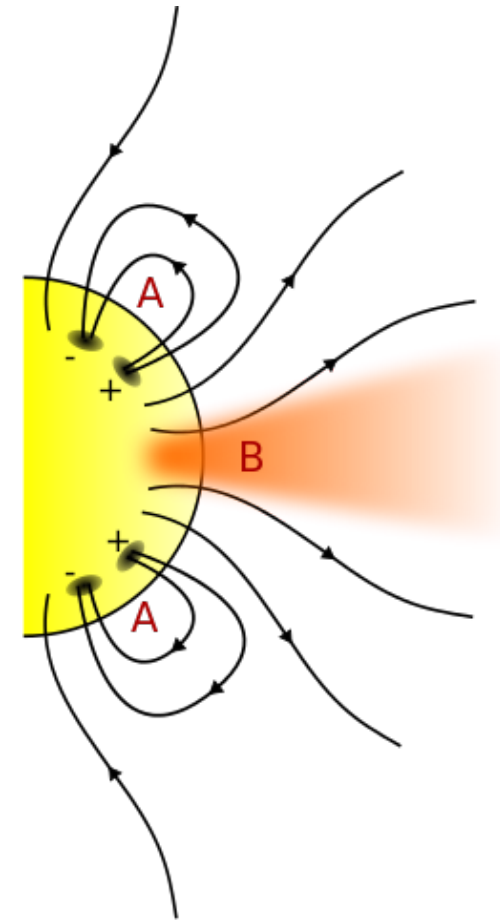
Цель работы:

- Определить амплитуды 27-дневных вариаций потоков галактических космических лучей с различной энергией, измеренных по данным эксперимента PAMELA.
- Построить зависимость амплитуды вариаций от жесткости протонов.
- Провести сравнение с данными других космических экспериментов.

Природа возникновения 27-дневных вариаций

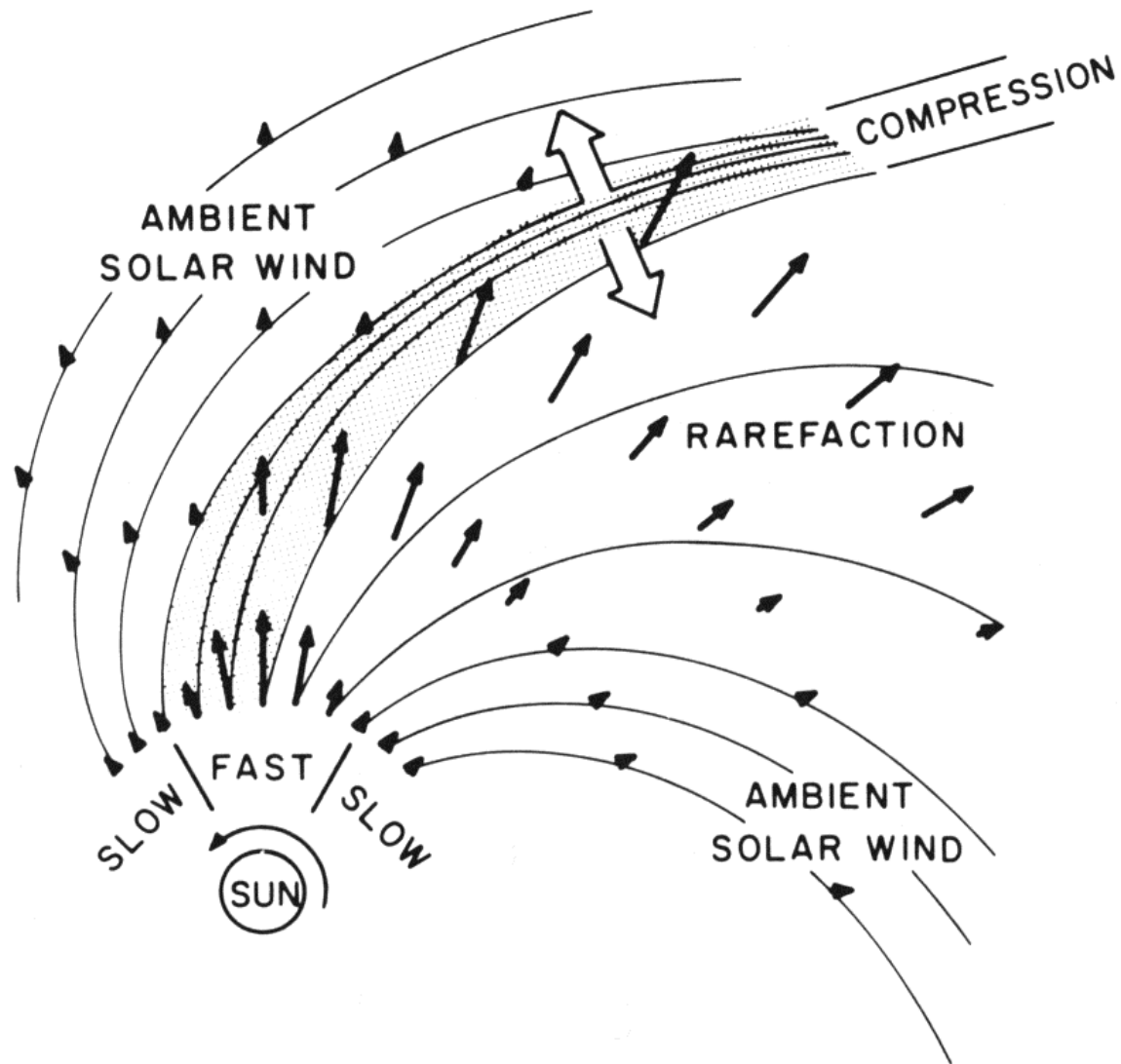


Корональная дыра 22 июня 2011 года, снимок сделан SDO.

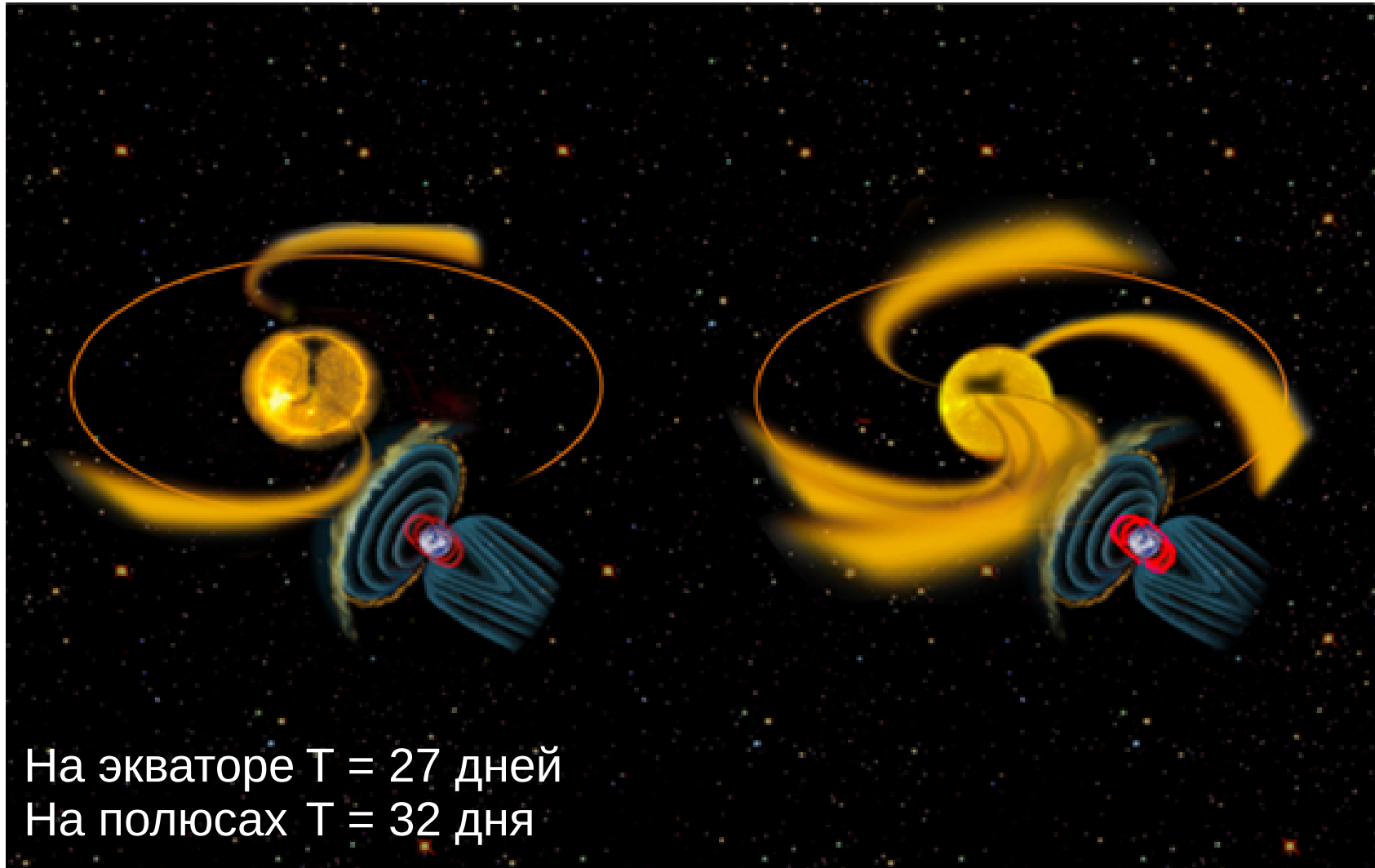


Силовые линии магнитного поля в корональной дыре.

Формирование коротящих областей взаимодействия

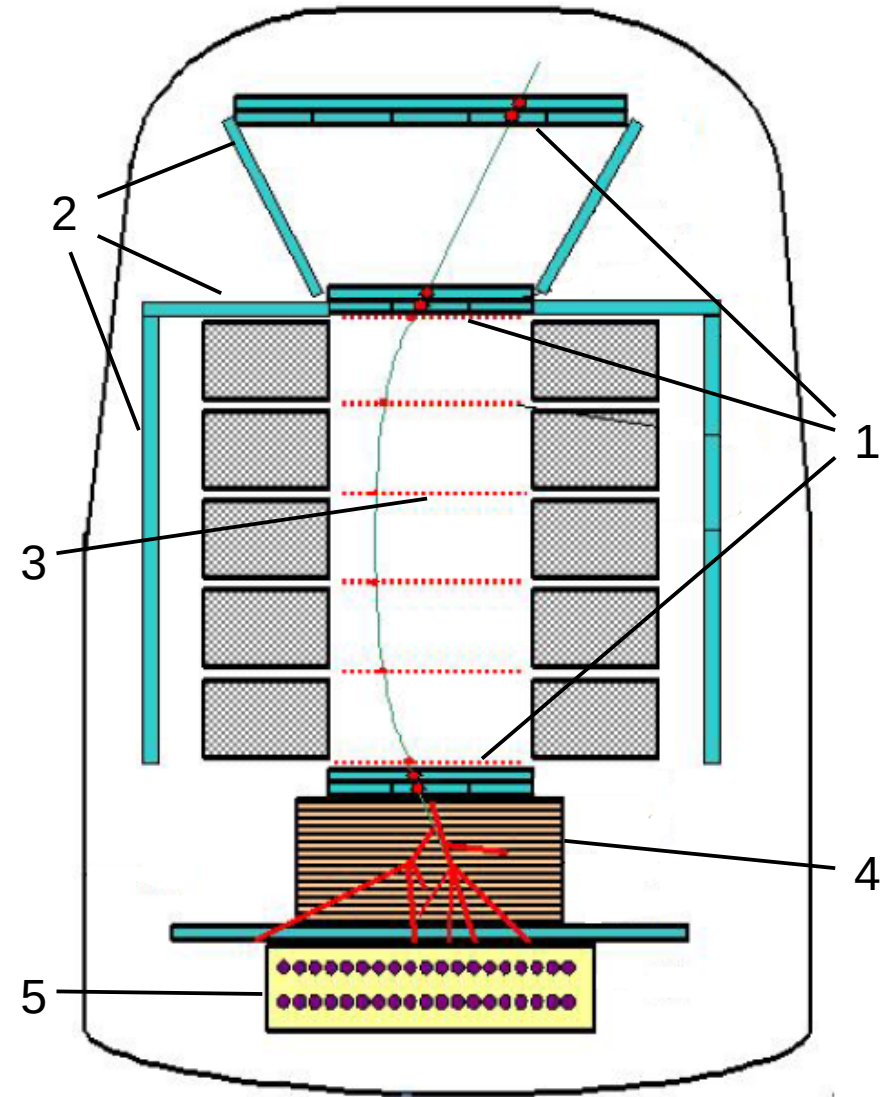


Распространение коротирующих областей взаимодействия



Магнитный спектрометр PAMELA

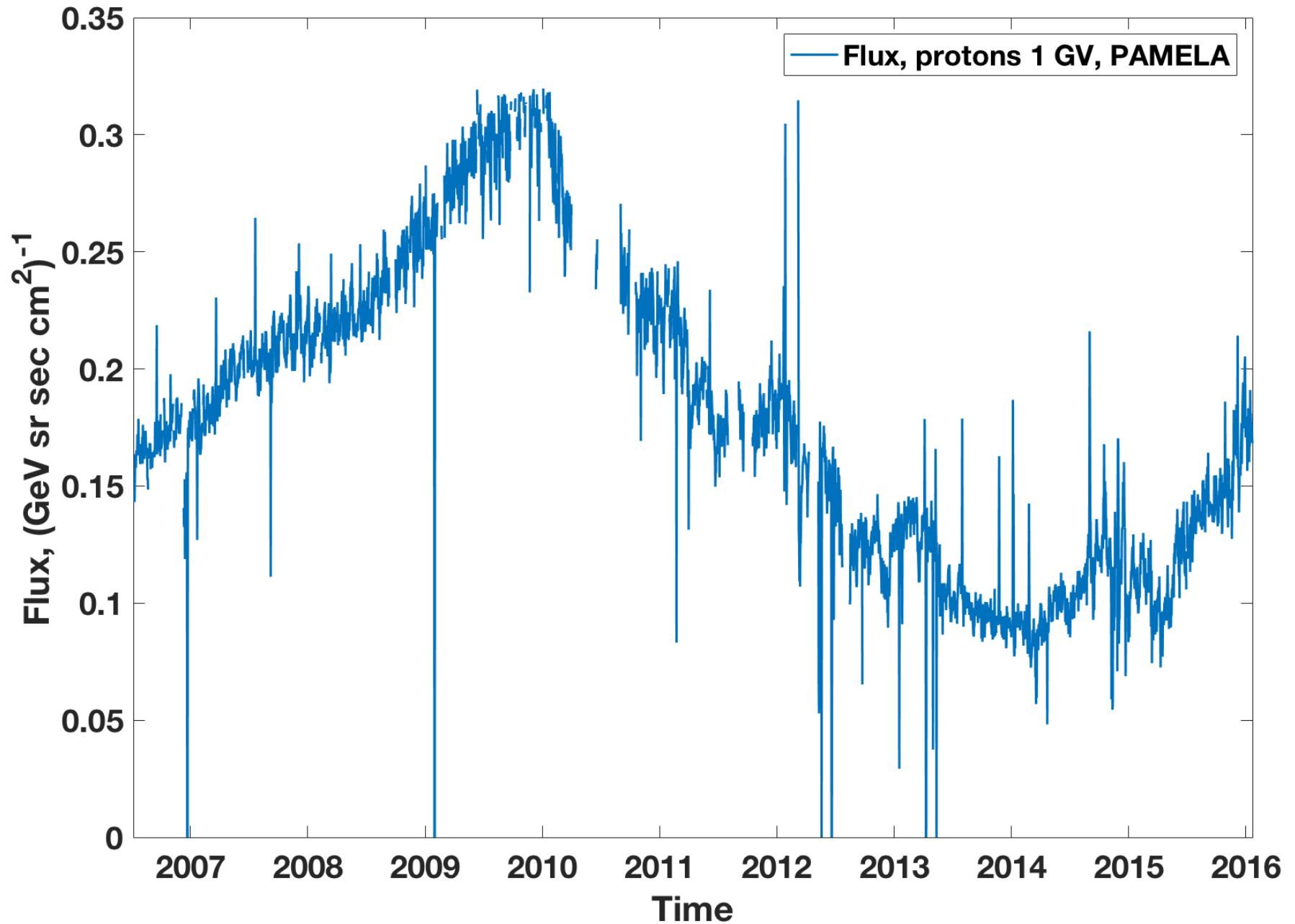
1. Время-пролетная система
Формирование триггера, измерение времени пролета частиц через спектрометр, подавление фоновых и альбедных частиц
2. Система антисовпадений
Исключение из анализа событий вне апертуры пробора и взаимодействующих в контейнере
3. Трековая система
Измерение жёсткости, определение импульса и знака заряда
4. Электромагнитный калориметр ($16.3 X_0$, $0.6 \lambda_1$)
Разделение e^+/p , $anti-p/e^-$ и измерение энергии e^-/e^+
5. Детектор утечки ливня и нейтронный детектор
Разделение электронов и адронов при высоких энергиях



Светосила	21.6 см ² ср
Измеряемый диапазон энергий p	80 МэВ – 700 ГэВ



Временной ряд, полученный в эксперименте PAMELA

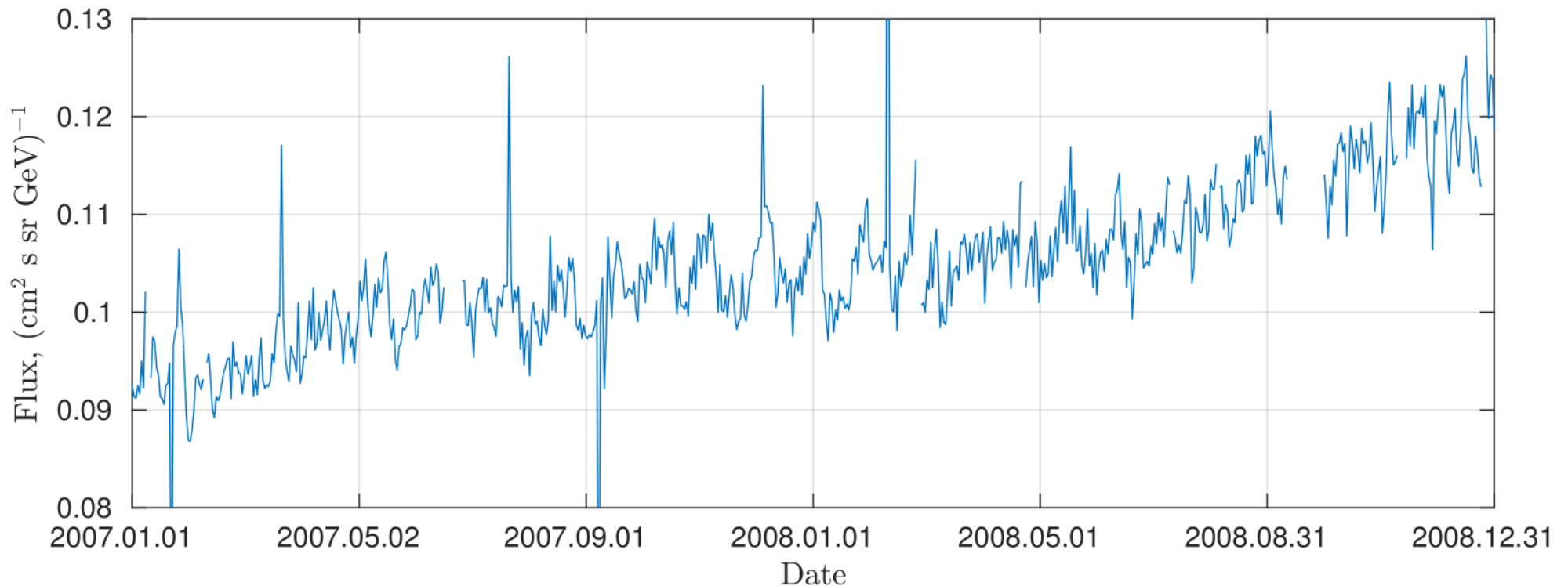




Поток протонов с жесткостью 1.5 – 2.0 ГВ

Проанализируем временные ряды потоков протонов, полученные в эксперименте PAMELA в период с 2007 по 2008 год.

На графике представлена зависимость интенсивности потока протонов с жесткостью 1.5 – 2.0 ГВ от времени.

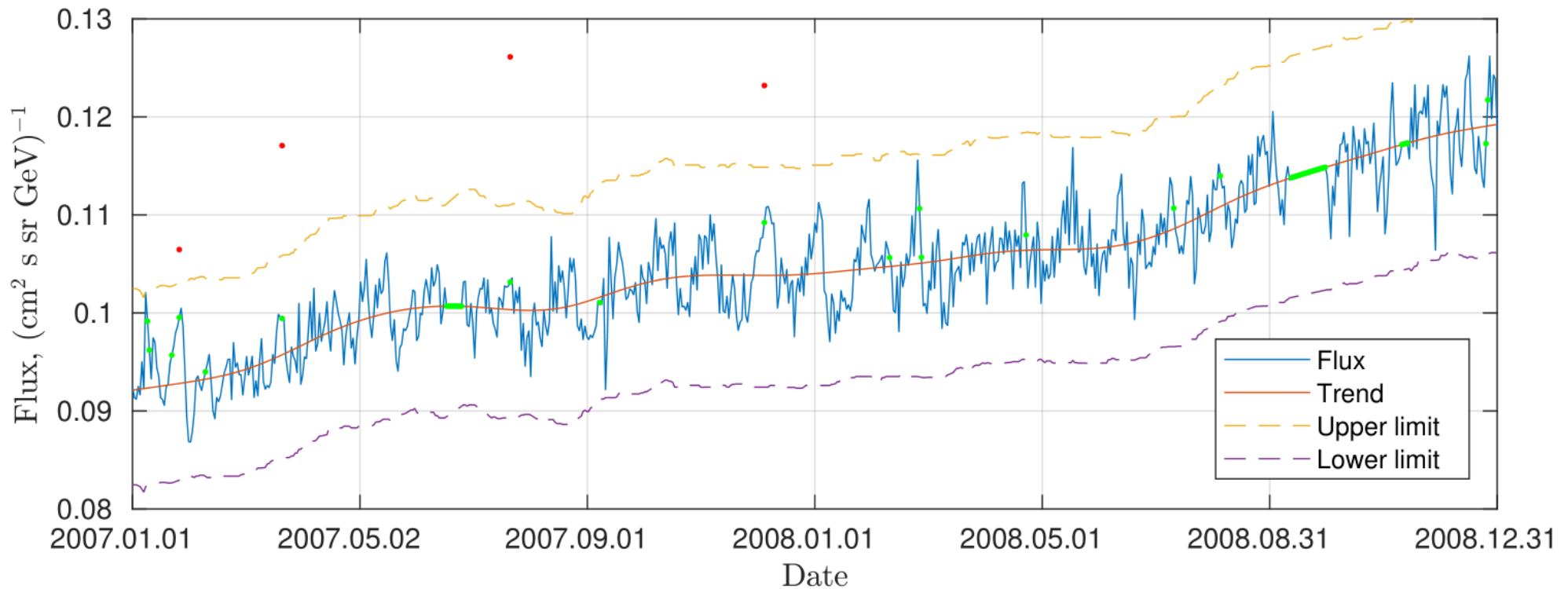




Отфильтрованный поток протонов с жесткостью 1.5 – 2.0 ГВ

Определяется тренд долговременных вариаций путем усреднения значений потока за 4 периода.

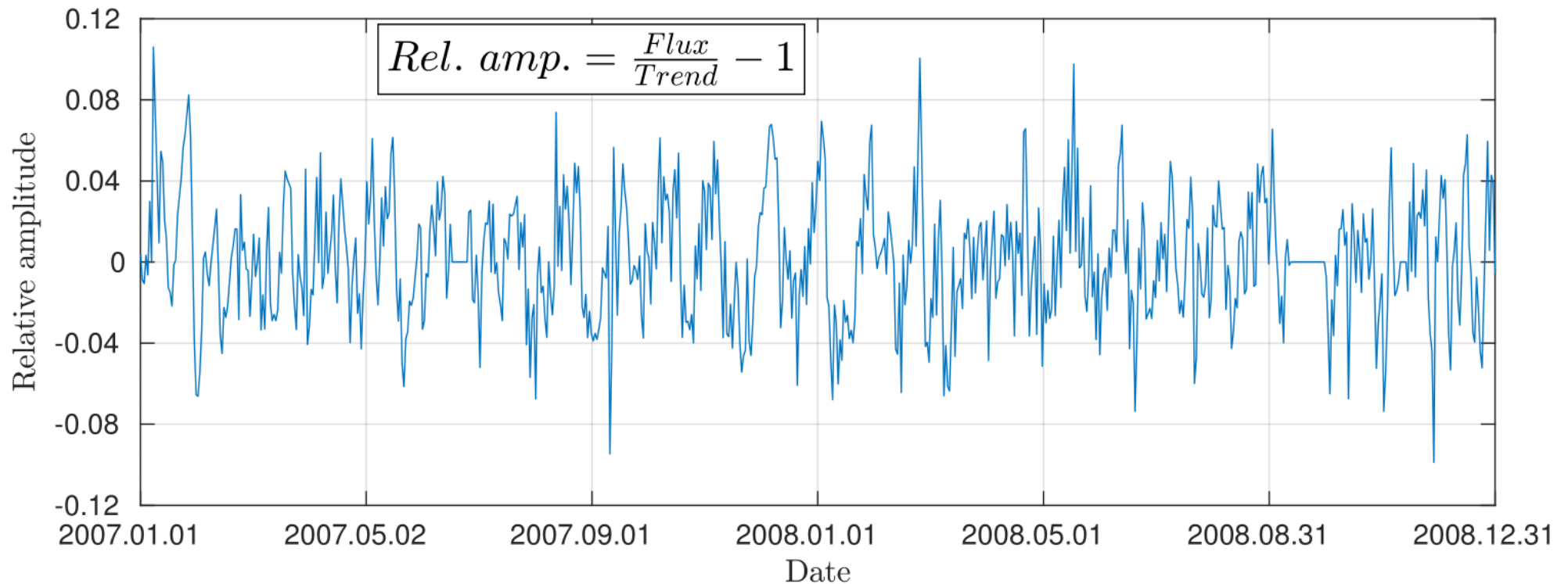
Исключаются выбросы (красные точки). Отсутствующие значения потока заменяются трендовыми, если провал в данных составляет больше 2-х дней, либо восстанавливаются усреднением краев провала (зеленые точки).





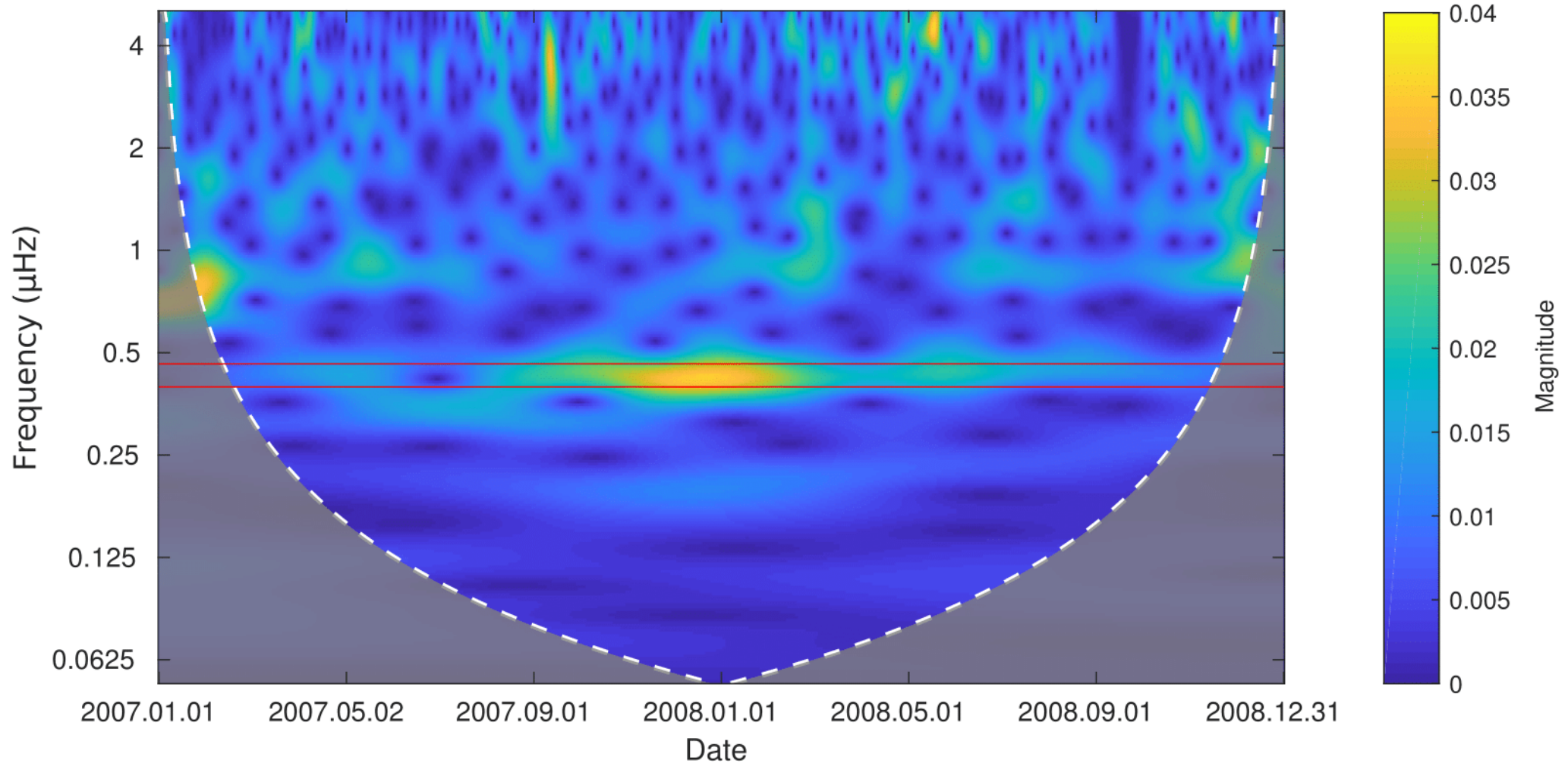
Нормированный поток протонов с жесткостью 1.5 – 2.0 ГВ

Нормировка позволяет определить амплитуду вариаций потока протонов в относительных единицах и, таким образом, сравнивать между собой различные энергии и эксперименты.





Амплитудная скалограмма вейвлет-преобразования



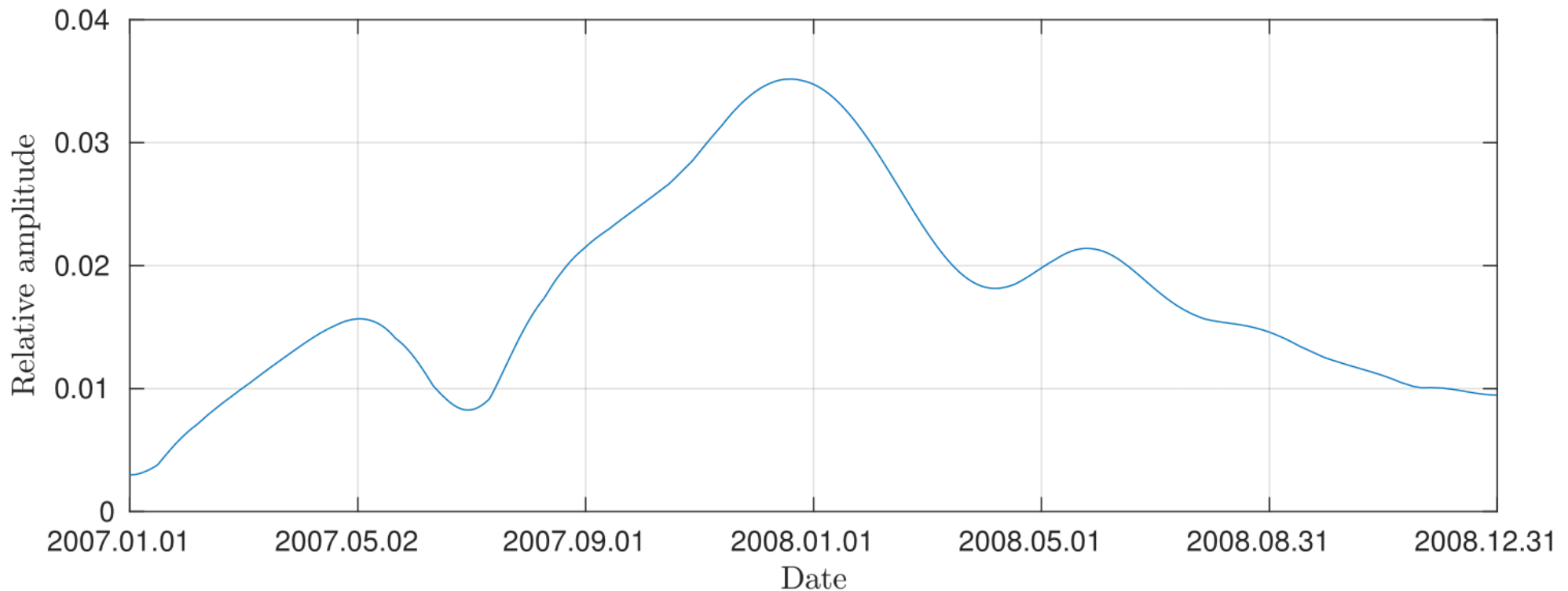
Диапазон частот, ограниченный красными линиям, соответствует интервалу периодов колебаний от 25 до 29 дней.



Зависимость амплитуды вариаций от времени

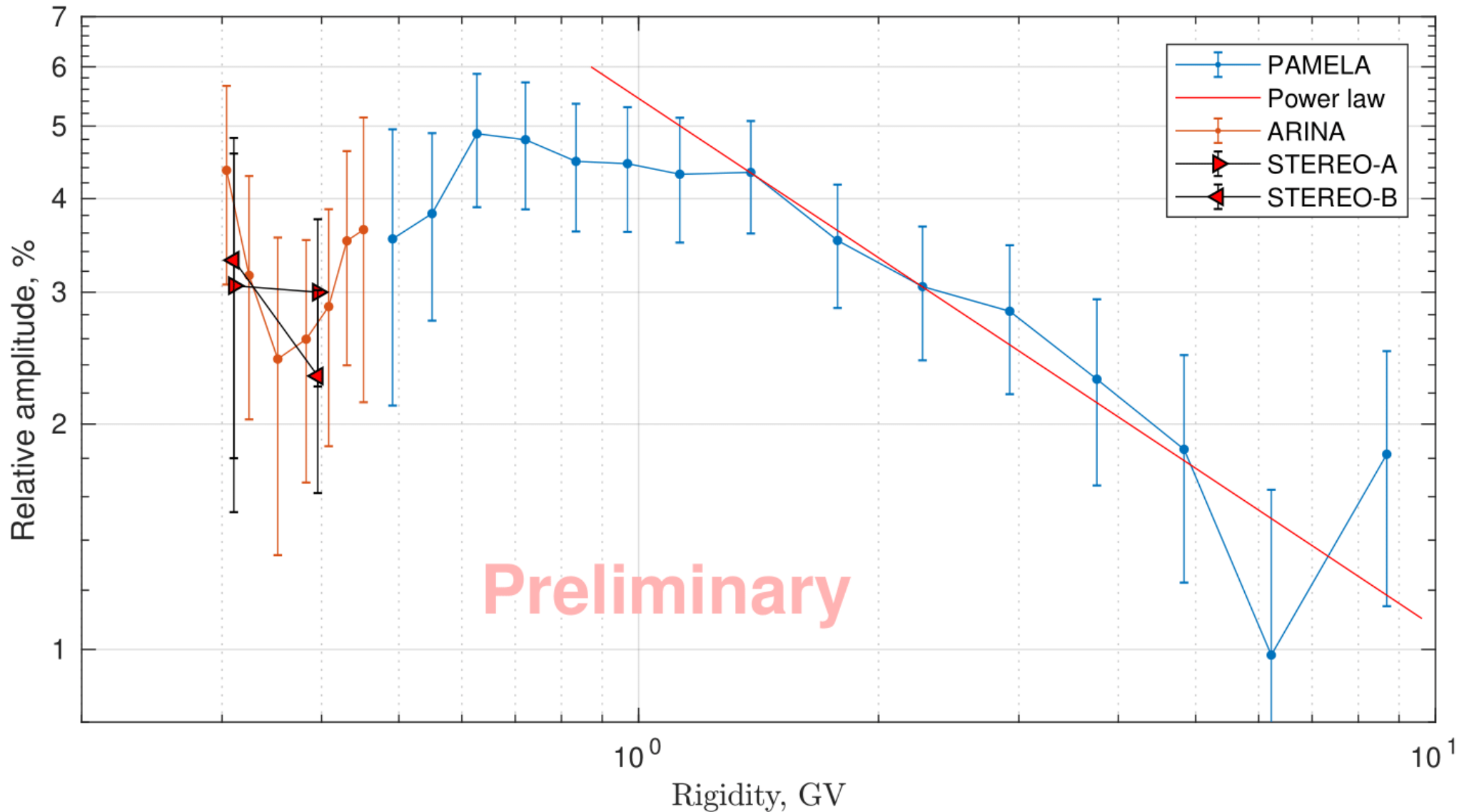
Амплитуда вариаций достигает максимального значения в конце 2007 года.

Применим анализ к различным энергетическим диапазонам и построим график зависимости доминирующей амплитуды от жесткости частиц для периода с 15.12.2007 по 15.01.2008 по данным PAMELA.





Зависимость доминирующей амплитуды вариаций от жесткости

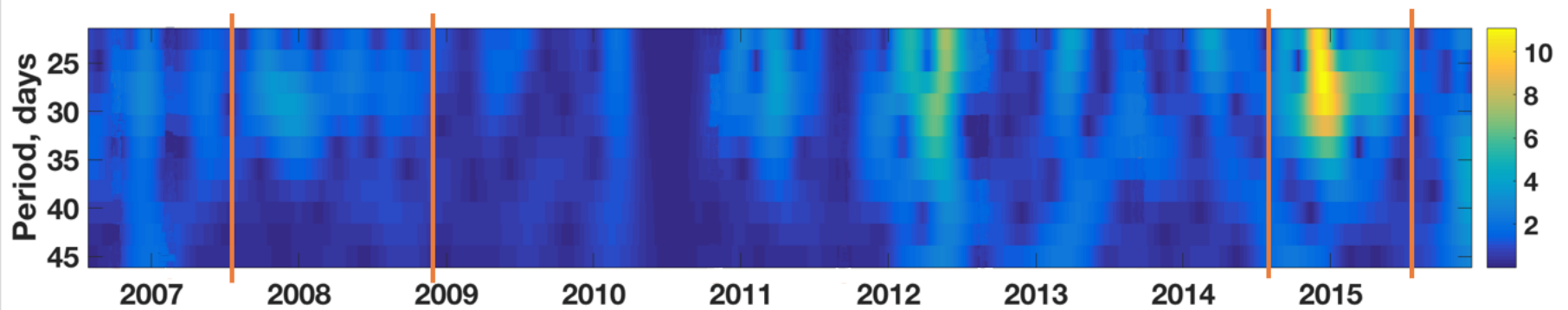


Сравнение с данными ARINA и STEREO подтверждает обнаруженный эффект.

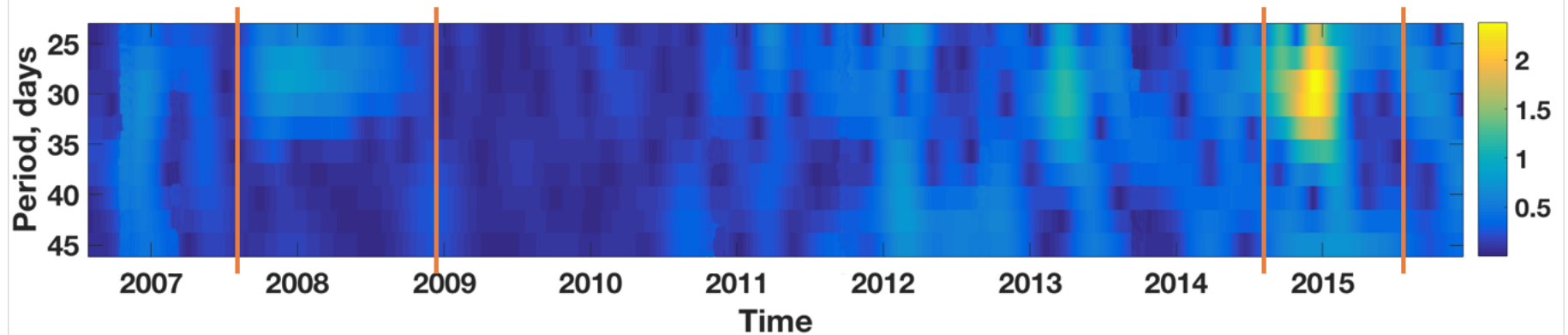


Эпизоды возникновения 27-дневных вариаций

PAMELA data



OULU data





Заключение

В работе найдены амплитуды 27-дневных вариаций потока галактических протонов с различными жесткостями по данным эксперимента PAMELA. Построен график зависимости амплитуды от жесткости. Представленный результат наблюдается впервые в околоземном пространстве, где магнитный спектрометр PAMELA проводил измерения, и не согласуется с ожидаемым.

Другие эксперименты не покрывают энергетический диапазон, рассмотренный в работе, однако сравнение при низких энергиях подтверждает полученный результат.



Спасибо за внимание!